

ÉRTEKEZÉSEK EMLÉKEZÉSEK

MICHELBERGER PÁL

JÁRMŰGYÁRTÁS
ÉS JÁRMŰDINAMIKAI
KUTATÁSOK



18

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

ÉRTEKEZÉSEK
EMLÉKEZÉSEK

ÉRTEKEZÉSEK EMLÉKEZÉSEK

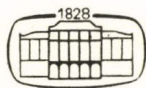
SZERKESZTI
TOLNAI MÁRTON

MICHELBERGER PÁL

JÁRMŰGYÁRTÁS ÉS JÁRMŰDINAMIKAI KUTATÁSOK

AKADÉMIAI SZÉKFOGLALÓ

1983. MÁRCIUS 1.



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

A kiadványsorozatban a Magyar Tudományos Akadémia 1982.
évi CXLII. Közgyűlése időpontjától megválasztott rendes és
levelező tagok székfoglalói — önálló kötetben — látnak
napvilágot.

A sorozat indításáról az Akadémia főtitkárának 22/1/1982.
számú állásfoglalása rendelkezett.

ISBN 963 05 3856 3

© Akadémiai Kiadó, Budapest 1984, Michelberger Pál

Printed in Hungary

1. BEVEZETÉS

A két fogalmat összekapcsoló cím közgazdasági és műszaki témakört fed. Kérdés, hogy lehet-e egy rövid előadásban erről a kettős témáról érdemlegeset, hasznosíthatót mondani, szükséges-e egyáltalán a két témát összekötni?

Úgy vélem — bármilyen csábító is lehetne tisztán dinamikai kutatásokról beszámolni, bemutatva a hazai eredményeket, összevetve a nemzetközi kutatás eredményeivel —, helyesebb az előadást a közgazdasági helyzet elemzésével kezdeni, és ennek ismeretében bemutatni a járműdinamikai kutatásokat. Ezek nem „l'art pour l'art” kutatások, bennük nemcsak a tudományos megismerés szépsége tükröződik, hanem anyagi lehetőségeinket figyelembe vevő, a népgazdasági feladatokhoz igazodó — sokszor kemény, időben sürgető feladatok.

A tisztán műszaki—mechanikai problémák megoldásához szükséges tudományos módszerek, számítások, mérések mellett nem kevésbé tudományos igényű a feladatok kitűzése és rangsorolása, ehhez pedig csak a gazdasági helyzet elemzésével juthatunk el, mivel a népgazdasági helyzet rövid távú eredményeket követel, a kutatás pedig időigényes.

A két témakör összekapcsolása meglehetősen nehéz. A járműgyártás – mint azt a későbbiekben néhány adattal megvilágítjuk – a népgazdaság egyik legjelentősebb alágazata. Szerepe a népgazdaság fizetési mérlegének alakulásában nem elhanyagolható, és hozama más termékekkel aligha helyettesíthető. A gazdasági világválság ugyanakkor jelenleg egyre nehezíti a járműértékesítést. A népgazdaság gyors és hatékony rövid távú intézkedéseket vár a járműgyártóktól, piaci helyzetük megerősítésére – vagy szerényebben fogalmazva –, piaci helyzetük megtartására. A kutatás ezzel szemben csak hosszú távon tud eredményt szolgáltatni.

Az időbeli ellentmondás a két szemlélet között nyilvánvaló. Az ellentmondás feloldása helyett két szélsőséges, hatásában egyaránt negatív álláspont kezd kialakulni.

Ipari szakembereink egy része tudomásul véve ezt az ellentmondást, minden erejével a rövid távú feladatokkal foglalkozik, megpróbál a piaci ingadozásokhoz alkalmazkodni, lemond a hosszabb távú kutatásról, helyette – időnként indokolatlanul is – mások kutatási, fejlesztési eredményeinek időben elkésztett átvételével igyekszik a pillanatnyi – és időben állandóan változó – nehézségeit legyűrni. Az eredmény:

- az elmaradás konzerválása;
- a kutató szakemberek elkedvetlenedése;

— az operatív fejlesztők kapkodásából adódó túlterhelése.

Nem kevésbé vigasztalan, ha ennek ellentéteként egyes kutatóink szemléletét vizsgáljuk. Ezeknél a kutatás szinte végtelen folyamattá alakul, mely csak nagyon ritkán ölt testet termékben, és csak igen ritkán kerül piaci értékesítésre. Ennek eredményei:

— az előzőhöz hasonlóan az elmaradás konzerválása;

— a kutatók társadalmi elértéktelenedése.

Hangsúlyozni kell, hogy e két szélsőséges álláspont igen sarkított, a gyakorlatban kevésbé sarkos, általában józanabb kompromisszumot tartalmazó tevékenység tapasztalható a járműiparon belül, sőt, határozott együttműködés kezd kibontakozni a kutatók és gyári fejlesztők között.

Úgy vélem, hogy ennek esetenkénti jó eredményei azonban alig csökkentik a szélsőséges álláspontok negatív kihatásait; egy-egy jó döntés nem helyettesíti az átfogó gazdasági, műszaki elemzést és az ennek alapján tudatosan felépített hosszú távú kutatási, fejlesztési stratégiát.

Ehhez a piac rövid távú, konjunkturális ingadozása helyett, ill. mellett a gazdasági fejlődés mélyebb, hosszabb távon ható okait, befolyásoló tényezőit is elemezni kell. Csak ennek alapján tárhatók fel egy adott iparágra jellemző legfontosabb kutatási és műszaki fejlesztési feladatok. A feltárt feladatokat

rangsorolni kell, és kutató-, fejlesztő erőink figyelembevételével választható meg a végrehajtás módja, a saját kutatástól kezdve a licencvásárláson keresztül a tudatos termék-importig.

Az előbbi gondolatmenet illusztrálására megkíséreljük vázlatosan a járműgyártás példáján – ezen belül is kiemelten az autóbuszgyártást tekintve – bemutatni egy iparág egyetlen témájára vonatkozó fejlesztési stratégiájának kialakítását.

2. A JÁRMŰGYÁRTÁS (AUTÓBUSZGYÁRTÁS) HELYZETE A MAGYAR NÉPGAZDASÁGBAN

A közúti járműgyártás az 1965–1975. években – a kiemelt kormányprogram eredményes végrehajtásával – gépiparunk egyik legjelentősebb szakágazatává vált. A fejlesztés az egyes vállalatokat és termékeket különböző módon érintette, így a fejlődés elsősorban az autóbusz- és futóműgyártásban jelentkezett. Jelenleg ez a szakágazat adja a gépipar termelésének mintegy 25, exportjának pedig mintegy 30%-át. Mivel a népgazdaság exportjában a gépipar közel 40%-ot teljesít, a teljes kivitel közel 10%-a közlekedési eszközökben, ezen belül elsősorban autóbuszban és futóművekben testesül meg [1].

A közlekedési eszközök gyártásának helyzetét és szerepét a népgazdaságban az 1. táblázat néhány számadattal is érzékelteti. Ennek részletesebb taglalása, úgy vélem, szükségtelen.

Szükséges azonban a járműgyártásnak a gépiparon belüli műszaki helyzetét is bemutatnunk. E kérdésben Nyitrai Ferencné 1981-ben a Társadalmi Szemlében [2] tett figyelemreméltó megállapítást a magyar és az osztrák gépipar összehasonlító elemzése kapcsán. Vizsgálatai szerint „... az osztrák fémfeldolgozó- és gépipar munkatermelékenysége (az

1. táblázat
A JÁRMŰGYÁRTÁS A NÉPGAZDASÁGBAN

	1970		1980	
Társadalmi termék (milliárd Ft)	681,4		1698,7	
ebből ipar (milliárd Ft)	382,6	(56,2%)	992,5	(58,6%)
Nemzeti jövedelem (milliárd Ft)	275,5		581,0	
ebből ipar (milliárd Ft)	113,0	(41,0%)	221,0	(38,0%)
ebből gépipar (%)		26,7		26,7
ebből közlekedési eszköz (%)		7,0		7,3
Gépipari export				
a népgazdaság %-ában		29,0		38,6
Közlekedési eszköz export (%)		8,1		9,6
Autóbuszexport (db) (milliárd Ft, %)	4745 db,		11 014 db,	
	1,09	3,95	12,06	4,3
				(3,4+0,9%)

összehasonlító alágazatokban) 64%-kal haladta meg (1975-ben) a magyart. A gépipar alágazatai között egyetlen olyan akadt, ahol a magyar vállalatok munkatermelékenységi színvonala volt számottevően magasabb. . . a közúti járműgyártás. Itt az osztrák termelékenység még a felét sem érte el a magyarnak.”

Nem kívánjuk az osztrák ipar műszaki, termelékenységi színvonalát a legfejlettebb államokéval összehasonlítani, sem önmagában értékelni, számunkra azonban a földrajzilag legközelebbi és velünk közel egyező méretű ország adataival történő összehasonlítás mindig igen tanulságos.

Megállapítható tehát, hogy a járműgyártás, és ezen belül az autóbuszgyártás mennyiségi-
leg népgazdaságunk egyik legjelentősebb területe, és elért technológiai színvonala, termelékenységi mutatói is kiemelkednek a gépipar átlagából. E terület további sorsa, helyzetének alakulása hosszú távon is befolyásolja gazdasági életünket.

3. A KÖZÚTI JÁRMŰGYÁRTÁSUNK ÖSSZEHASONLÍTÁSA A KÜLFÖLDI VERSENYTÁRSAINKÉVAL

A közúti járműgyártásból autóbuszexportunk részesedése a világkereskedelemben a gazdasági és politikai korlátozó tényezők ellenére is igen jelentős. A mikrobuszokat is beleértve a teljes világexport kb. 7%-át, nagyautóbuszok tekintetében pedig közel 20%-át az Ikarus-gyár teljesíti. Csuklós autóbuszokból a magyar gyártás és export egyaránt nagyobb a többi ország együttes termelésénél és exportjánál.

A közúti járműfőegységek közül elsősorban a nehézfutómű gyártási mennyisége és exportja jelentős, mely értékben kb. az autóbuszértékesítéssel egyezik meg.

Autóbuszgyártásunk helyzetét jól szemlélteti a jelentősebb autóbuszgyártók 1980. évi termelési és exportadatainak összehasonlítása (2. táblázat) [3].

Az elért hazai és nemzetközi helyzet meghatározza a szinttartás fejlesztési szükségleteit, melyeket igen kiélezett versenyhelyzetben és igen kedvezőtlen világgazdasági időszakban kell kielégítenünk.

A kutatási és fejlesztési feladatok megvalósított célkitűzéséhez tehát ezeket, a kedvezőtlen gazdasági helyzetet meghatározó, hosszú távon ható világgazdasági tendenciákat

2. táblázat
AUTÓBUSZGYÁRTÁS ÉS -EXPORT, 1980

Gyártás	Term. db	A termelésből		Megjegyzés
		nagyautóbusz db	export db	
Japán (Toyota, Hino, Nissan, Mitsubishi. . .)	72 600	~ 11 000	~ 65 000	Nagyautóbusz-export kb. 10% (~ 6500 db)
NSZK (DB, MAN, Kässbohrer, Neoplan. . .)	15 638	~ 10 000	~ 9 275	Nagyautóbusz-export kb 60% (~ 5500 db)
Svédország (Volvo, Scania)	7 127	7 127	6 538	csak alváz
USA (GMC, IHC, Ford. . .)	58 549	6 000	2 362	

2. táblázat folytatása

Gyártás	Term. db	A termelésből		Megjegyzés
		nagyautóbusz db	export db	
Van Hool	1 200	1 200	800	
Leyland	5 278	5 278	2 525	
IVECO	8 300	8 300	4 140	
Ikarus	13 621	13 621	12 060	Tőkés export: 2684

kell elsősorban feltárni és elemezni. Jelen előadásban az elemzés korántsem lehet teljes, mindössze a véleményünk szerint legdöntőbb tendenciák felsorolására és az abból következő kutatási, fejlesztési célok körvonalazására szorítkozhat.

4. A GAZDASÁGI ÉLET ALAKULÁSÁT MEGSZABÓ FŐBB, HOSSZABB TÁVON HATÓ TENDENCIÁK ÉS AZOK KIHATÁSA A MŰSZAKI FEJLESZTÉSRE

A nyitott jellegű magyar gazdasági életre szinte a világgazdaságban ható összes folyamat kisebb-nagyobb időkésleltetéssel hat. Ezek teljes számbavétele, de főleg hosszú távú előrejelzése lehetetlen. Lehetséges azonban néhány kiemelkedően fontos és tartósnak ígérkező hatás elemzése. Véleményünk szerint a magyar gazdasági életre — így a járműgyártásra is — négy témakör befolyásoló szerepének tisztázása már kitűzhetővé teszi a kutatási és fejlesztési feladatokat [4], ezek:

1. Az „Észak–Dél ellentéte”, vagyis a fejlett ipari országok és a harmadik világ fejlődő, iparilag–gazdaságilag elmaradott országai közötti különbségek éleződése. Ez az „ellentét” rendkívül összetett [5]. A történelmi, földrajzi, politikai, kulturális „ellentét” a gazdasági és pénzügyi ellentéteket még tovább élezi, egyúttal a világot igen sokszínűvé teszi.

2. A fűtő- és nyersanyagár-robbanás és az ezt követő világkereskedelmi átrendeződések.

3. Az elhúzódó tőkés gazdasági válság, melyben sajátosan a recesszió és infláció együtt lép fel.

4. A KGST-országok általános világgazdasági helyzete, a KGST-n belüli együttműködés

és integrálódás fejlődésével kapcsolatos gondok, lehetőségek és kilátások [6].

A felsorolt négy tényező – bár elemzésüket külön-külön végeztük el – valójában szoros kapcsolatban áll egymással, kölcsönhatásuk a végső műszaki következtetésekben is nyilvánvaló. A négy tényező részletesebb elemzését és kihatásának felmérését a nemzetközi járműgyártásra – 1980-ig terjedő adatok felhasználásával – a Közgazdasági Szemlében, 1982-ben mutattuk be [4].

A négy összefonódó gazdasági tendencia alapvető változásokat idézett elő a világ autóiparában. Néhány kiválasztott pregnáns adattal is jól érzékelhető ennek mélysége:

- Japán az elmúlt 30 év alatt darabszámban 3000-szeresére emelte az autógyártását, közben a világgranglista hatodik helyéről az első helyre került;

- Az Egyesült Államok haszonjármű-termelése és -értékesítése 1981–82-ben 40%-kal csökkent a korábbi időszakhoz képest;

- A Daimler–Benz 1982-ben 75%-ban használta ki autóbuszgyártó kapacitását, a felszabaduló munkaerőt a személygépkocsi-gyártásba kellett áthelyeznie;

- A MAGIRIUS 1982-ben megszüntette a több mint 60 évig virágzó autóbuszgyártását.

Ezek a riasztó gazdasági tények. Hasonlóképpen elgondolkoztatóak azonban a tőkeerős cégek műszaki fejlesztésére vonatkozó információk is:

— A Cummins motorgyár 1980 óta évi 1,4 milliárd Ft-nyi összeget fordít a motorkonstrukció kutatására, fejlesztésére;

— A Daimler-Benz a buszgyártásban mutatózó recesszió ellenére jelentős beruházással fejleszti Mannheimben az autóbuszgyártást. A fejlesztés elsődleges célja a minőség javítása;

— A MAN, a Kässbohrer és az Auwärter (Neoplan) autóbuszgyár jelentős tőke- és technológiakihelyezéssel külföldön — részben fejlődő országokban — erősíti autóbuszgyártását.

A sort folytathatnánk: könnyörtelen gazdasági verseny, erőltetett ütemű műszaki, fejlesztési hajsza folyik a világban.

A magyar autóbuszgyártás eddig — hála a KGST-értékesítés stabilitásának — a tőkés piacokon is állta a versenyt.

Részletesebb elemzés szerint a magyar autóbusz gyártási és értékesítési lehetőségei az élesedő tőkés piaci konkurrencia mellett, pontosabban a gazdasági és műszaki fejlesztési versenyhelyzetben is tovább javíthatók, ha a műszaki fejlesztés, a kooperációs kapcsolatok bővítése és az értékesítés részleges struktúraváltoztatása kellő rugalmassággal és kellő időben kerül végrehajtásra. A struktúraváltozásnál elsősorban a késztermék helyett a főegység, ill. félig szerelt termék és a hozzá tartozó technológia szállítására, röviden fogalmazva a rendszerexportra gondolok. Természetesen ehhez a kutatási és fejlesztési felada-

tokat szabatosan kell megfogalmazni, és azokat, tekintettel korlátozott anyagi és szellemi erőforrásainkra, rangsorolni is kell.

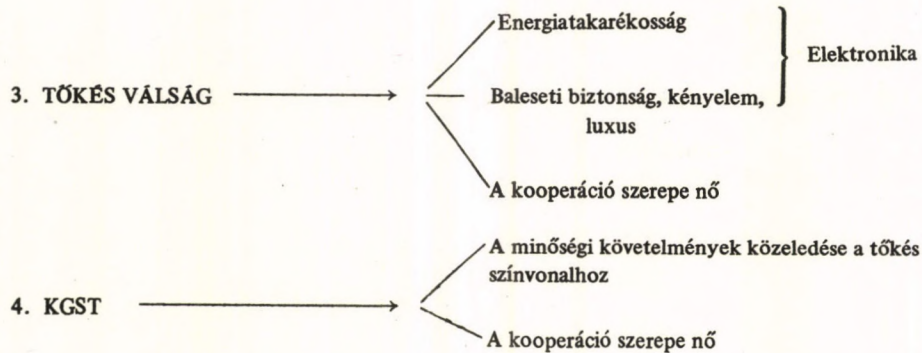
Érdekes áttekinteni, hogy milyen műszaki fejlesztési, ill. kutatási feladatok adódnak a korábban említett négy, a világgazdaságot befolyásoló tényezőből külön-külön (3. táblázat). A táblázatban egy-egy főbb fejlesztési feladatkört általában egy-egy helyen szerepeltettünk; kivételt képezett elsősorban az energiamegtakarítás, melyet a 2. és 3. témánál is felsoroltunk fontossága miatt. A valóságban a többi kutatási-fejlesztési feladat – bár eltérő súllyal – bármelyik világgazdasági tényezőhöz hozzárendelhető.

Feltűnő a táblázatban, hogy a kooperáció mind tőkés, mind KGST-vonatkozásban növekvőnek van feltüntetve. Úgy vélem, hogy a KGST-n belül ez természetes, de a tőkés kooperáció növekedése látszólag ellentmond a jelenleg folyó, kiélezett konkurrenciaharcnak. Az autóbuszgyárakkal a verseny valóban elkerülhetetlen, de a csak főegységeket – pl. motorokat – vagy csak főegységeket és teherautókat, alvázakat gyártó cégekkel van lehetőség a kooperációra. Sőt, ez a kooperáció nemcsak az Ikarus-gyár érdeke, hanem a partner érdekével is egybeesik. Csak példaként említem az Ikarus–Cummins-együttműködést, mely nélkül az amerikai értékesítésről nem is beszélhetnénk.

3. táblázat

GAZDASÁGI TENDENCIÁK ÉS FEJLESZTÉS

Gazdasági tendencia	Fejlesztési vonzat
1. É – D	<ul style="list-style-type: none"> Sokféleség Karbantartási igénytelenség Rendszerexport késztermék helyett
2. ÁRROBBANÁS	Energia- takarékoság <ul style="list-style-type: none"> 1 Fajl. fogy., légellenállás, önsúly, alternatív energiaforrás 2 Élettartam, hulladék, gyártási energia 3 Szállítási hatékonyság



A táblázatban szereplő feladatok többféleképpen is osztályozhatók. Számunkra egyrészt a tartalmi oldal, másrészt a fontossági sorrend a döntő.

Tartalmilag feltűnő, hogy a kutatási feladatok jelentős része a járműszerkezet dinamikai vizsgálatához kapcsolódik. Ez a kapcsolódás az önsúly csökkentése, az élettartam növelése, a baleseti biztonság fokozása és a kényelem javítása esetében nyilvánvaló. Kevésbé nyilvánvaló viszont, hogy a típusválaszték növelése, a rendszerexport kifejlesztése, a kooperációs kapcsolatok bővítése is kihat a dinamikai kutatásokra. Ez utóbbiak ugyanis a típusvariációk számának növekedése miatt mennyiségileg növelik a szükséges dinamikai vizsgálatokat. Könnyű belátni, hogy az elvégzendő feladatok e miatt rohamosan sokasodnak, megfelelő gyors vizsgálati módszer híján viszont könnyen elvégezhetetlenné válhatnak. Mindebből következik, hogy a dinamikai kutatások mechanikai—tartalmi oldalát és vizsgálati módszereit is (számítási, kísérleti oldalát egyaránt) fejlesztenünk kell.

A kutatások fontossági sorrendjének és a hazai lehetőségeknek a vizsgálatával részleteiben nem foglalkozunk, de megemlíthetjük, hogy a feladatok alapvetően két csoportba sorolhatók [7]:

a) Kemény fejlesztési célok, melyek teljesítése a piacon maradás feltétele. A járműdinamikai kutatások zöme e területre sorolható, és

általában csak saját belső fejlesztéssel oldható meg. Ide sorolandó a többi kutatási témából a karbantartási igény csökkentése is.

b) Puha fejlesztési célok, melyek a piac bővítési lehetőségeit biztosíthatják. Ezek zöme a hazai fejlesztési eszközök nem elegendők, és jelentős részben licencvásárlással vagy egyes esetekben közvetlen importtal valósíthatók meg. Ilyen jellegűek pl. a kényelmi berendezésekkel (pl. légkondicionáló, az elektronika egyes alkalmazási területei) kapcsolatos kutatások.

5. A JÁRMŰDINAMIKAI KUTATÁSOK FŐBB FELADATAI

A dinamikai természetű feladatokat a járműfejlesztés általánosabb célja – mint rendező elv – szerint ajánlatos osztályozni. Ez az osztályozás tulajdonképpen az elérendő gazdasági céloknak felel meg, és úgy vélem, hogy a rangsorolás e szempontból indokoltabb, ill. könnyebben hajtható végre, mint egy pusztán tudományos osztályozás [8].

Ennek megfelelően a dinamikai kutatásoknál három csoportot ajánlatos megkülönböztetni, ez egyúttal a témák rangsorolását is jelenti. Egy-egy csoporton belül természetesen további rangsorolás is lehetséges, de úgy vélem, hogy ez már nem ennek az előadásnak, hanem az ipar, ill. a vállalatvezetés feladata.

Az osztályozás a 4. táblázaton tekinthető át. Első helyen említjük az anyag- és energia-takarékossággal kapcsolatos kutatásokat, beleértve a másodlagos megtakarítást eredményező élettartam-növelést is. A teljesség kedvéért ide soroltuk a légerők csökkentésére hivatott aerodinamikai vizsgálatot, valamint a terhelés alatt álló szerkezeti elemek kopásának és korróziójának vizsgálatát is. Ez utóbbi vizsgálatok természetesen a többtől eltérő módszerekkel történnek, és tartalmilag is messze túlmennek a hagyományos értelemben

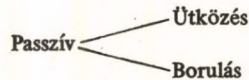
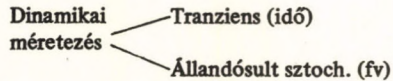
4. táblázat

DINAMIKAI KUTATÁS

Anyag- és energiatakarékosság
élettartam-méretezés

Biztonság

Kényelem



Kopás, korrózió

Sárosodás
(aerodinamika)
Szellőzés

Légellenállás (aerodinamika)

vett mechanikai, dinamikai kutatásokon. A statikus és dinamikus méretezés fejlesztése azonban már szorosan a klasszikus mechanika területére esik. A vizsgálandó kérdések közül — mint viszonylag új témákra — elsősorban a véletlen kinematikai terhelés, a szerkezeti nem-linearitás és a tranziens, valamint állandósult dinamikai terhelés kutatására hívnám fel a figyelmet. Ezeknek a kérdéseknek elvi alapja tisztázott, de mint látni fogjuk, gyakorlati számításuk, sőt mérésük is — elsősorban modellezési problémák miatt — még világszerte kezdeti stádiumban van.

A biztonság javítását szolgáló kutatások közül az aktív biztonság, tartalmát tekintve, közeli rokonságban áll a dinamikai méretezés feladataival. Néhány lényeges módszerbeli különbség azonban adódik:

a) A vizsgálatok során a jármű-kocsiszekrény merev testtel modellezhető, szemben a méretezési feladat rugalmas kocsiszekrényével. Azaz a modell szabadságfokszáma nagyságrenddel (esetleg nagyságrendekkel) kisebb lehet, ami a numerikus kezelést megkönnyíti;

b) A vizsgálatokban döntő szerepe van a kerék–talaj érintkezési probléma helyes modellezésének. Ez a mechanika egyik legbonyolultabb, még korántsem tisztázott feladatának tekinthető. Az irodalomban számos javaslat található az érintkezés leírására (pl. vasúti kocsikra Kalker, gépjárművekre Sakai dolgozott ki könnyen kezelhető matematikai mo-

delleket [9, 10]. A gyakorlat azonban nem minden talaj–kerék-kapcsolatra igazolta az elméletet, így e területen még hosszú, mérésekkel gondosan alátámasztott kutatásra van szükség;

c) Az aktív biztonság mechanikailag mindig mint mozgásstabilitási kritérium jelentkezik [11, 12], így matematikailag végső soron sajátérték-feladatra vezet, ami a statikus és dinamikus méretezés során legfeljebb kivételesen fordul elő. A méretezésben a sajátérték-feladat legtöbbször csak számítási segédeszköz, nem pedig közvetlen kutatási cél.

A passzív biztonsági kutatások teljes egészében a nemlineáris mechanika területére esnek. Az ütközésnél, borulásnál keletkező kocsiszekrény-gyűrődések nagy alakváltozások során jönnek létre, és természetesen a szerkezeti anyag ilyenkor képlékeny deformációt is szenved. A feladat tehát két okból is nemlineáris. A bonyolult szerkezeti kialakítás miatt – egy-egy részelem elméleti (végeselem) vizsgálatától eltekintve – ez a feladat szinte kizárólag kísérleti vizsgálatokkal oldható meg. A nehéz modellezési problémák miatt 1:1 léptékű vizsgálatokat kell végezni, ami megglehetősen költségigényes.

Némi „segítséget” nyújt a megtörtént ütközéses, borulásos balesetek feldolgozása, ha egyébként a körülmények (helyszín, sebesség stb.) rekonstruálhatók. E területen nemzetközi tekintetben is kiemelkedő az Ikarus-gyár autó-

buszborulással kapcsolatos kísérleti vizsgálat-sorozata. Ez a kísérletsorozat méltán keltette fel a nyugat-európai és a japán szakértők érdeklődését is [13].

A lengéskényelmi vizsgálatok módszerüket tekintve ötvözik a méretezéssel és aktív biztonsággal kapcsolatos kutatásokat. E vizsgálatokban is elegendő a merev kocsiszekerény (tehát a kis szabadságfokú modell) használata, a számítás során a sajátérték-problémák mellett a sztochasztikus gerjesztésekre adott válasz statisztikai jellemzőinek meghatározása dominál [14]. E válaszok összevetése az emberi kényelemérzettel viszont már a biomechanika problémakörébe vezet.

A külső karosszéria felületek szennyeződésének, a belső légáramlásnak és a megfelelő szellőzőnyílások elhelyezésének vizsgálata — lényegét tekintve — a légellenállás és a külső áramlási viszonyok tisztázására szolgáló szélcsatorna-kísérletekkel végezhető el. E téma tehát csak az elérendő cél szempontjából került külön oszlopba, valójában az első oszlopban szereplő aerodinamikai problémákkal együttesen vizsgálandó [15, 16].

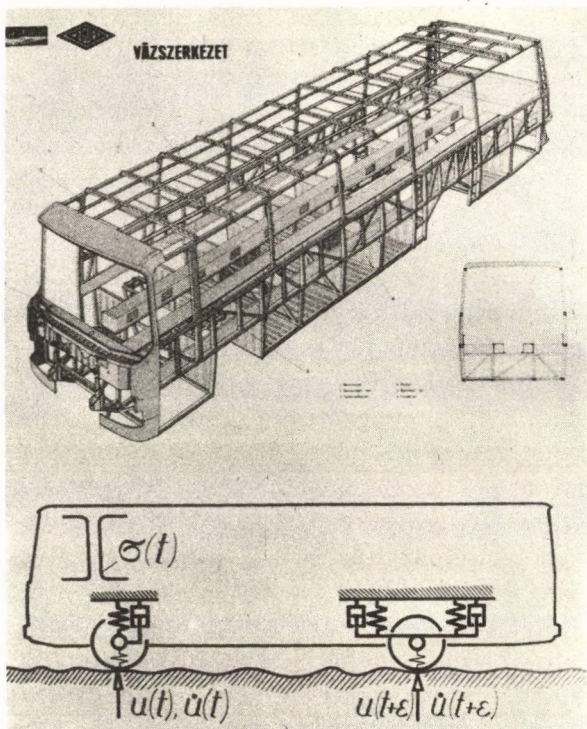
6. AZ ÁLLANDÓSULT ÜZEMBEN ADÓDÓ DINAMIKUS IGÉNYBEVÉTEL

E széles feladatkörből a mozgó járműre ható, útgerjesztésből adódó dinamikus terhelés és az ebből eredő dinamikus igénybevétel kérdésével foglalkozunk részletesebben, hiszen a jármű igénybevételének zömét ez a terhelésfajta adja [17].

E feladat látszólag egyszerű, az ismert vagy ismertnek feltételezett útprofiladatok alapján, egyenletes sebességű haladást feltételezve, számítható a rugalmas járműszerkezetre adódó terhelés és következésképpen a teljes járműszerkezet elmozdulásmezője az idő függvényében. Ez utóbbiból az igénybevételek, némi áttételezéssel a feszültségállapotok is előállíthatók a szerkezet bármely tetszőleges pontjára. Az elvi tisztázottság mellett azonban számos gyakorlati probléma merül fel:

a) meg kell alkotni a szerkezetet a vizsgálat szempontjából jól leíró mechanikai modellt [18] (1. ábra). (Ez részben elméleti megfontolások, részben ellenőrző kísérletek elvégzésén múlik.)

b) A modell kezelésére megfelelő, hatékony számítási algoritmust kell kidolgozni [19]. (Ezt alá kell vetni a gyakorlat próbájának pontosság és gazdaságosság szempontjából.)



1. ábra. Az autóbusz vázszerkezete és az abból származtatható dinamikai modell

c) Össze kell állítani a terhelést befolyásoló döntő tényezők statisztikai jellemzőit úgy, hogy azok véges számú reprezentációval is jól jellemezzék a várható teljes üzemelést [20].

d) Algoritmust kell kidolgozni a változó paraméterű üzemeltetéshez tartozó nagyszá-

mú output-adat feldolgozására, értékelésére [21].

e) A szerkezet megfelelőségének megítélésére kapcsolatot kell keresni az anyagjellemzők (és részben szerkezetjellemzők), valamint a számításból vagy mérésből adódó igénybevételeli vagy feszültségi jellemzők között [22, 23].

E feladatsorozat első lépése elvileg jól ismert, fel kell állítani és meg kell oldani számítással a rugalmas jármű mozgásegyenletét, vagy méréssel kell a számítást helyettesíteni:

$$M \ddot{x} + K[\dot{x}] + S[x] = F(t) \rightarrow x = x(t) \quad (1)$$

A mozgásegyenletben a szögletes zárójel nemlineáris, a közönséges zárójel sztochasztikus kapcsolatot jelent. A képletben szereplő betűk jelentése közismert, ezért magyarázattól eltekintünk. A feladat azonban csak látszólag egyszerű. A hazánkban döntő szerepet játszó haszonjármű-gyártásban a termékek relatíve kis sorozatban készülnek, ezért egy-egy új járműtípus méréssel történő statisztikailag elegendő időtartamú ellenőrzése ($x = x(t)$ meghatározása) csak kivételesen jöhet számításba gazdasági okok miatt. Maga az ellenőrzés egyébként is csak a tervezés és a legyártás után következhet. Így az ellenőrző mérés magát a tervezési folyamatot már nem tudja befolyásolni (szemben a személygépkocsi-gyártás gyakorlatával, ahol a szériagyár-

tást megelőzően 10–50 próbajármű adatai alapján véglegesítik a szériagyártás 100 ezer – 600 ezer db/év konstrukciós adatait). Korábbi típusokon végzett ellenőrző mérések adatai – a sokszor igen jelentős szerkezeti változtatások miatt – csak rendkívüli óvatossággal vihetők át az új termékekre.

A feladat egyetlen megoldása a tervezéskor végzett dinamikai számítás eredményeinek felhasználása a konstrukció iteratív javítására. A korábbi gyakorlat hazánkban – és a nálunk fejlettebb országokban is – kizárólag statikus terheléseket vett figyelembe, és ennek eredményeit (igénybevételeket, feszültségeket) dinamikus tényezővel szorozva tekintette az élettartambecslés – azaz a konstrukciós döntés – alapjának. Úgy vélem, ezen a fórumon főlegesen hangsúlyozni, hogy az egységes dinamikai tényező semmiképpen, de a szerkezet különböző részeire eltérő értékű, önkényes dinamikai tényezők sem tudják leírni a bonyolult üzemeltetési körülmények valódi hatását. Számításos vizsgálataink szerint – és ezt az ellenőrző mérések is alátámasztották – a járműszerkezet különféle elemeire vonatkoztatva a dinamikai igénybevétel és statikus igénybevétel viszonyszáma egymástól több nagyságrenddel is eltérhet (1,2–100-ig is terjedhet), és nagymértékben függ az üzemeltetési körülményektől is (útérdesség, sebesség, hasznosteher-állapot). Marad tehát mint egyetlen járható út a mozgásegyenlet felállítá-

sa és megoldása. A továbbiakban feltételezzük, hogy a tervezés során elegendően jó közelítéssel az (1) egyenlet linearizálható. A linearizálás ellenére azonban néhány további nehézség adódik, mert mind a szerkezet modellezése, mind az útgerjesztésből adódó kinematikai teher modellezése számos problémát vet fel. Az (1) mozgásegyenlet részletesebb kiírásából ez könnyen belátható, mivel az egyenlet bal oldalán álló együtthatók időfüggők, és a jobb oldalon álló gerjesztés az útminőségen és sebességen keresztül közvetetten függ az időtől:

$$\begin{aligned} \mathbf{M}(t) \ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{K}(t) \dot{\mathbf{x}} - \mathbf{S}(t) \mathbf{x} = \\ = \mathbf{F} \{ \mathbf{v}(t), \mathbf{u}(t), \dot{\mathbf{u}}(t) \} \end{aligned} \quad (2)$$

Az időfüggés ráadásul sztochasztikus, melyre az inhomogén üzemeltetési körülményeket figyelembe véve, a teljes üzemeltetési folyamatra a stacionaritás és ergodicitás még durva közelítésként sem mondható ki.

Foglalkozzunk elsőként a (2) egyenlet bal oldalával. Látható módon a tömeg, csillapítási és merevségi mátrix egyaránt sztochasztikus függvényei az időnek. Ez az időfüggés két jellegzetes csoportba sorolható:

a) lassú változások, melyek frekvenciatartománya sokkal kisebb, mint a jármű számba jöhető saját frekvenciái. Ilyennek tekinthető a tömegmátrix esetében az üzemanyagfogyás, a csillapítási és rugómátrix tekintetében pedig

az elhasználódásból, kopásból, lazulásból, korróziós károsodásból adódó lassú változás. Ezek a változások többé-kevésbé monoton jellegűek, és mértékük nem túlságosan nagy. Gondos üzemeltetés és rendszeres karbantartás esetében ezen mátrixok adatai az eredeti érték közelében maradnak. Az üzemanyag-fogyásból adódó tömegmátrix-változás is a jármű relatíve nagy össztömege miatt elhanyagolható (repülőgépeknél nem);

b) viszonylag gyors változást eredményez mindhárom mátrix esetében a hasznosterhelállapot különbözősége a szállítási feladatok teljesítése során. A változás kiterjedhet mind a szállított áru mennyiségére, mind a minőségére és a teher térbeli elrendezésére. Látszólag a hasznos teher nagyságának változása csak a tömegmátrixot érinti, a valóságban azonban az általánosan használt progresszív rugózás miatt a merevségi mátrix főrugókra vonatkozó adatait is jelentősen módosítja. A változás azonban nem korlátozódik erre, hanem ennél sokkal mélyebb modellezési problémákat vet fel [24].

Engedjenek meg ezzel kapcsolatban egy rövid kitérést. Az Ikarus-gyárban és az AUTÓ-KUT-ban hosszú mérési tapasztalat mutatta ki, hogy azonos körülmények között az utassal terhelt autóbusz – nagyobb statikus igénybevétele ellenére – kisebb dinamikai igénybevételt kap, mint az üres autóbusz, jóllehet a szerkezet néhány első saját frekvenciája éppen

a progresszív rugózás következtében változatlan marad. Ugyancsak tapasztalati tény, hogy a műterheléssel (vas-súllyal) üzemelő jármű dinamikai igénybevétele nagyobb az azonos súlyú utassal járó autóbusz dinamikus igénybevételénél. A két kísérleti eredmény csak azzal magyarázható, hogy a jármű üres súlyával közel megegyező súlyú utas nem csupán passzív tömeg, hanem csillapító hatással és saját rugalmassággal is rendelkező aktív tömeg. Ennek a felismerésnek horderejét a számítások megbízhatóságának fokozása, valamint a kifáradásra méretezés szempontjából még aligha lehet felmérni, hiszen a felismerés óta még 2 év sem telt el. Az AUTÓKUT-ban kifejezetten e célból végzett mérések — élő utas esetében — a vizsgált modell vázszerkezetek dinamikai igénybevételének, pontosabban igénybevétel-szórásának jelentős, 20–30%-os csökkenését mutatták a műterheléshez képest. A BME-n végzett számításos vizsgálatok hasonló adatokat — 15–25%-os csökkenést — mutattak ki [25]. Azt is meg kell említeni, hogy ezek az adatok nem tekinthetők abszolút adatoknak, hanem függenek a vázszerkezet merevségétől is. Létezik ugyanis olyan kritikus vázmerevségi adat, amelynél nagyobb merevségű járműre az aktív utas már ellenkező hatást gyakorol. (Szerencsére ilyen „végtelen” merev jármű a gyakorlatban nem fordul elő.)

Ennek ismeretében a (2) egyenletet már átfogalmazhatjuk, elhanyagolva az együttható

mátrixok lassú változását a (3), ill. (4) alakra. A j index rögzített teher állapotot, pl. a félig vagy teljesen terhelt járműhöz tartozó hasznos tömeg mátrixot jelöli. Az allokációs problémáktól, tehát a teher elhelyezkedésétől mint változótól eltekintünk, azaz bármekkora teher a rakfelületen egyenletesen oszlik meg:

$$(M_0 + M_h(t)) \ddot{x}, (K_0 + K_h(t)) \dot{x}, + \\ + (S_0 + S_h(t)) x, = F, \{v(t), u(t), \dot{u}(t)\} \quad (3)$$

$$(M_0 + M_{h,j}) \ddot{x}, + (K_0 + K_{h,j}) \dot{x}, + \\ + (S_0 + S_{h,j}) x, = \\ = F, \{v(t), u(t), \dot{u}(t)\} \quad (4)$$

Megjegyezzük, a szabatoság kedvéért, hogy a (3) és (4) egyenletben az összegezés (+) csak szimbolikus jelölésnek tekinthető, hiszen az üres jármű 20–50 szabadságfokához az utasok – vagy utascsoportok – további, egyenként 4–6 szabadságfokú modelljének szabadságfokszáma hozzáadódik, így a teljes rendszer 100–200 szabadságfokúvá válik.

Az egyenlet megoldásának munkaigénye természetesen erősen függ a feladat méretétől és az együttható mátrixok struktúrájától. A Budapesti Műszaki Egyetemen végzett kutatásaink során sikerült azonban olyan algorit-

must kidolgozni, mely a feladatot visszavezeti egy, az üres jármű szabadságfokszámának megfelelő – tehát lényegesen kisebb méretű – feladat megoldására. Ennek részleteivel nem kívánunk foglalkozni, bár az ehhez szükséges transzformációk kidolgozása önmagában is érdekes számítási feladat.

A (4)-es egyenlettel kapcsolatban felmerülhet joggal a hallgatóságban a kérdés, vajon miért nem foglalkoztak eddig az aktív utas szerepével a mienkénél jóval fejlettebben járműiparral és lényegesen jobban felszerelt kutatási intézményrendszerrel rendelkező országok kutatói? A válasz több okban keresendő:

a) a legutóbbi időkig csak statikusan méretek világszerte;

b) az emberi test mechanikai modellje – legalábbis a valódi tulajdonságokat kielégítően közelítő, de ugyanakkor még matematikailag nem túlságosan bonyolult leírása – a legutóbbi években került publikálásra [26]. Korábban kizárólag mérési eredményekre vagy igen bonyolult nemlineáris mechanikai modellekre támaszkodhattak a kutatók. (Ez az utóbbi természetesen még nem zárja ki az aktív utas figyelembevételét, de mindenképpen növeli a költségeket a vizsgálatok során.);

c) a fejlettebb országok járműiparának legfőbb terméke a személygépkocsi, a kutatások több mint 90%-a a személygépkocsi problémáival foglalkozik. A személygépkocsikban viszont az üres jármű súlya 5–10-szerese a

szállított utasok súlyának, szemben a városi autóbuszok közel 1:1-es tömegarányával, az utas szerepe tehát lényegesen kisebb a mechanikai rendszerben. Az autóbuszgyárak pedig a fejlett országokban – a kis darabszámú termelés miatt – nem rendelkeznek olyan fejlesztő erővel, hogy ezt a kérdést felvethetnék;

d) a személygépkocsik műszeres országúti vizsgálatánál a szállított műszerek mellett legtöbbször utas már nem fér a kísérleti járműbe.

A (4)-es egyenlet felállításával kapcsolatban felmerülhet még az üres járművet jellemző M_0 , K_0 , S_0 mátrixok előállításának kérdése is. Ezekről röviden annyi mondható, hogy a merevségi adatok a végeselem-módszer alkalmazásával igen megbízhatóan állíthatók elő. Kevésbé mondható ez el a tömeg- és csillapítási mátrixról. Ezek jelenleg még a részben heurisztikus számítások közelítő adatain alapulnak. Nagy jelentőségűnek tartom azt a vizsgálatssorozatot, amit az AUTÓKUT a BME felkérésére és közreműködésével megkezdett a korszerű rendszer paraméter identifikáció kidolgozására [27, 28]. E vizsgálatok lezárásával a modellalkotás – legalábbis az egyenlet bal oldalát tekintve – teljesen szabatosná tehető.

A számítások gyakorlati végrehajtása az időfüggvényes vizsgálat helyett sokkal kedvezőbb a frekvencia függvényében. Ennek eredményeként a kimenő jelek statisztikája szinte közvetlenül adódik. Természetes, hogy ehhez

a bemenő adatoknál is célszerű áttérni a spektrális jellemzésre.

A teljes feladat megoldásához az egyenlet jobb oldalán álló sztochasztikus (de az egész üzemeltetési folyamatot tekintve nem stacionárius és nem ergodikus) gerjesztőfüggvényt is modelleznünk kell, mégpedig úgy, hogy a gerjesztőfolyamat jó közelítésen kívül biztosítsa a feladat megoldásához a használható algoritmust is.

Az $F = F \{v(t), u(t)\}$ sztochasztikus gerjesztőfüggvény formálisan a mindenkori sebességtől és útprofiltól függ. A kapcsolat azonban ennél lényegesen bonyolultabb, mivel a sebesség értékét az időben az útvonal geometriai vezetése, a forgalmi viszonyok, az útfelület állapota és a jármű mindenkori hasznos terhelése is befolyásolja. Ugyancsak önmagában külön vizsgálatot érdemlő kérdés, hogy a kérdéses jármű milyen valószínűséggel, gyakorisággal kerülhet forgalmi feladatának teljesítése során valamilyen adott útminőségre, sőt az útminőségek szabatos meghatározása is többé-kevésbé tisztázatlan.

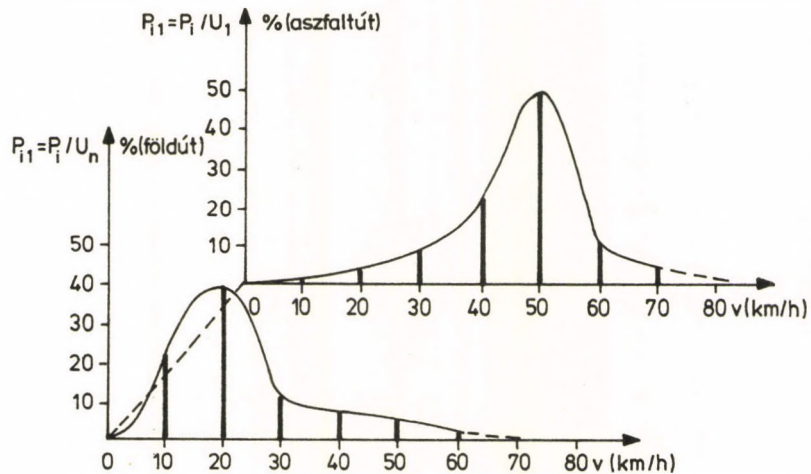
A (3), ill. (4) egyenlet bal oldalának felállításához elegendő volt a mechanika, a gépszerkezettan és a biomechanika eredményeinek és módszereinek felhasználása, a jobb oldal közelítő megfogalmazásához már a közlekedéstudományok eredményeit és módszereit is fel kell használnunk.

A bonyolult sebességfüggés tisztázásához elsőként célszerű a jármű lehetséges üzemmódjait elemezni. A mindenkori sebességmegválasztás szempontjából a teljes menetidő, legalább szakaszonként közel állandó sebességű tartományai három jellegzetes üzemmódra bonthatók [17]:

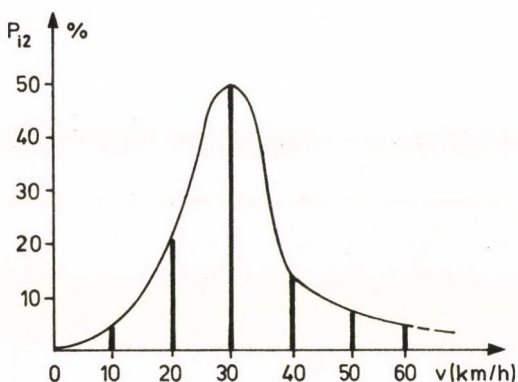
a) m_1 az ún. városközi üzemmód relatív gyakorisága. A jármű ilyenkor viszonylag sík úton közlekedik. A sebességmegválasztás a forgalmi szabályokban rögzített maximális vagy a jármű által teljesíthető legnagyobb sebesség határáig az adott útfelület-minőség feltételes eloszlásfüggvénye $p_{i,1} = p_i|u$ szerint történik. A jármű vezetője a sebességet a pálya minősége alapján, a lengéskényelem érzetét figyelembe véve választja meg. Jó úton nagyobb, rossz úton általában kisebb sebességgel halad. Hangsúlyozzuk, hogy ez a jelenség közelítő leírása, a valóságban ugyanis a pálya forgalmi telítettsége, a látási viszonyok, az útfelület jegesedése a szándékolt sebességnél kisebb sebességet kényszerít a vezetőre, ugyanakkor a menetrend betartása vagy egy célállomás tervezett időben történő elérése erős pszichikai kényszert gyakorol a vezetőre, és ilyenkor kényelemérzetétől függetlenül – a kényelmetlen rázást is vállalva – az optimálisnál nagyobb sebességet választ. A két utóbbi hatás részben kiegyenlíti egymást, részben pedig befolyásuk a már megvalósított járműveken végzett kellő hosszúságú méréssel meg-

határozott eloszlásfüggvényekben már eleve érvényesül. A sebességeloszlás kétméretű sűrűségfüggvényét ilyenkor háromdimenziós diagramban ábrázolhatjuk (2. ábra). A kérdést az AUTÓKUT kutatói más megfontolások alapján vizsgálták, a két eltérő nézőpontú vizsgálat azonban gyakorlatilag egyező eredményekre vezetett;

b) m_2 városi üzemmód, melyben a sebesség megválasztása az út minőségétől független, és döntő mértékben a forgalmi viszonyoktól függ. A forgalmi viszonyokba beleértve az út telítettségét, a jelzőlámpákat és az esetleges előírt megállókat is. A sebességeloszlás $p_{i,2}$ sűrűségfüggvénye egyetlen diagrammal is jellemezhető (3. ábra). Külön kérdés – szemben a városközi üzemmóddal –, hogy városban a sebesség valójában szinte folyamatosan változik, és csak kivételesen találhatók olyan szakaszok, melyeken a sebesség a szakasz mentén állandónak tekinthető. A változó sebességgel haladó járműre ható útgerjesztést az irodalom szinte kivétel nélkül instacionárius folyamatnak tekinti, ez pedig a később tárgyalandó algoritmus használatát kizárná. Kimutatható, hogy néhány természetes megszorítással – elsősorban a fékezés és indítás közbeni, ill. utáni néhány bólintólengést elhanyagolva – homogén úton, stacionáriusnak tekinthető útegyenlőtlenségeken változó sebességgel haladva is, az útgerjesztés gyengén (másodrendben legalább) stacionárius marad. E kérdés tisztá-



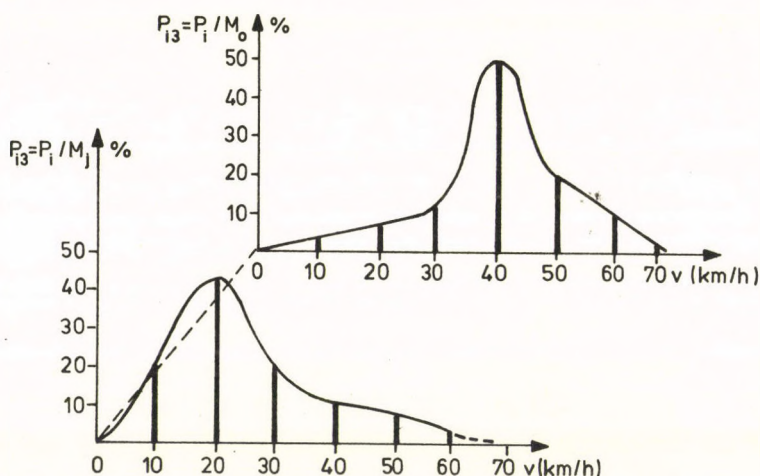
2. ábra. A sebesség feltételes relatív gyakorisága
városközi üzemmódban



3. ábra. A sebesség relatív gyakorisága városi üzemmódban

zásáért Farkas Miklós professzornak tartozom köszönettel [29, 30, 31];

c) m_3 hegyi üzemmód, azaz az útvonal lejtős szakaszokkal és kanyarokkal tagolt. A vezető a sebességet a hajtómotor teljesítménye szabta korlátokon belül az út geometriai vonalvezetésétől függően választja meg. A rendelkezésre álló maximális motorteljesítmény állandó lévén, nyilván a jármű hasznos terhelése a sebesség felső korlátját teljes terhelésnél kisebb, üres állapotban nagyobb értékben szabja meg. A sebesség az útminőségtől és a forgalmi viszonyoktól első közelítésben független. A sebességeloszlás $p_{1,3}$ sűrűségfüggvénye így a hasznos tehertől függő háromdimenziós diagramban ábrázolható (4. ábra).



4. ábra. A sebesség feltételes relatív gyakorisága
hegyi üzemmódban

Az F gerjesztés tisztázásához már csak az utakat kell minősítenünk, és meg kell adnunk, hogy a jármű milyen valószínűséggel kerülhet egy-egy útminőségre. Az utak kézenfekvő osztályozása az építés módja szerint történhet (aszfalt-, beton-, kő-, makadám-, földút stb.), és minősítésükre legcélszerűbb az útegyenlőtlenségek teljesítménysűrűség-spektrumát használni. Szerencsére ezekre már bőséges irodalmi adat áll rendelkezésünkre [32, 33, 34]. Hozzá kell tenni, hogy egy útfajtára (pl. aszfaltútra) a különböző országokban egymástól eltérő mérési adatok, azaz eltérő spektrumok adódnak. Célszerű vizsgálati céljainkra

ezért a spektrumokat célszerűségeként szabványosítani. Ez a későbbi vizsgálatok során önkényes megállapításnak tűnik, a valóságban azonban legfeljebb olyan mértékű önkényesség, mint amelyet a nálunk fejlettebb országok kísérleti pályáin, az útprofilok szabványosításával, minden cég elkövet. Összehasonlító vizsgálat szempontjából pedig teljes mértékben megengedhető.

Az adott útra kerülés valószínűsége (r_u relatív gyakorisága) első közelítésben a jármű szempontjából szóba jöhető teljes forgalmi úthálózaton — városi busznál a buszútvonalakon, tehergépkocsinál az adott ország teljes kiépített úthálózatán — belüli relatív hosszúsággal arányos. Más szóval feltételezhető, hogy a jármű a forgalmi úthálózat bármely szakaszára egyenlő valószínűséggel kerülhet.

Ezzel rendelkezésre áll az F gerjesztőfüggvény leírásához szükséges összes adat. A konkrét számítási algoritmus kidolgozásához a mérések alapján feltételezhetjük, hogy a sztochasztikus gerjesztőfolyamat — ha egészében nem is, de — szakaszonként (rögzített teher, sebesség, útminőség és üzemmód esetében) stacionárius és ergodikus. Erre pedig az időfüggvényes vizsgálat helyett lényegesen kényelmesebb a frekvenciafüggvényes vizsgálat kidolgozása, annál is inkább, mivel útfelületeinket már eleve nem egy szakasz realizációjával, hanem a teljesítménysűrűség-spektrumokkal jellemeztük a frekvencia függvényében.

Az előkészítés lehetővé teszi a jármű tetszőleges szerkezeti elemében keletkező igénybevétel – vagy adott pontjában létrejövő feszültségállapot-komponensek eloszlásfüggvényének meghatározását. A részleteket nem taglalva, ez a teljes valószínűségekre vonatkozó tétel felhasználásával a (7) egyenlet szerint adódik [35]:

$$H(X,Y) = \sum_{y_{hj} < y} M_{hj} \int_{-\infty}^x \frac{m_1 p_{i,l} r_u}{\sqrt{2\pi} D_{i,h,u}} \cdot \exp \left[-\frac{\xi^2}{2D_{i,h,u}^2} \right] d\xi \quad (7)$$

A (7) egyenletben X és Y a dinamikus, ill. statikus igénybevétel, $D_{i,h,u}$ pedig rögzített teher-, sebesség- és útfelületadatok mellett számított dinamikus igénybevétel (feszültségkomponens) szórása, mely a rugalmas rendszer geometriai és egyéb adataiból számítható W átviteli mátrixszal határozható meg. Ugyancsak előállíthatjuk az egyes igénybevételi σ szintek (vagy mechanikai feszültségszintek) útegységre jutó elérésének (átmetszésének) várható értékét, következésképpen akár a teljes tervezett járműélettartamra is megkonstruálhatjuk a teljes igénybevételi kollektívát:

$$N_{\sigma} = N_0 \exp \left[- \frac{\sigma^2}{\int_0^{\infty} \phi_{\sigma}(\nu) d\nu} \right],$$

$$N_0 = \frac{1}{\pi} \left[\frac{\int_0^{\infty} \nu^2 \phi_{\sigma}(\nu) d\nu}{\int_0^{\infty} \phi_{\sigma}(\nu) d\nu} \right] \quad (8)$$

Az összefüggésben ϕ_{σ} egy kiválasztott szerkezeti elem igénybevételének teljesítménysűrűség-spektrumát jelöli, a frekvencia függvényében. Az elért eredmények részletes taglalásától a meglehetősen bonyolult szemi-Markov-láncok elméletén alapuló matematikai apparátus miatt eltekintek [36].

7. KÖVETKEZTETÉSEK

Az igénybevétel eloszlásfüggvénye és még inkább az egyes igénybevételi szintek előfordulásának várható értéke közvetlenül felhasználható – az anyagszerkezettani és gépszerkezettani kutatások eredményeinek figyelembevételével – a jármű-vázszerkezetek élettartamra vagy kifáradásra méretezéséhez. A közvetlen felhasználását a már ismert kifáradási hipotézisek teszik lehetővé, ugyanakkor további jelentős kutatást kell folytatni annak érdekében, hogy a hipotéziseknél megbízhatóbb, az adott viszonyokra igazolt károsodás-elmélet legyen számításainkba beépíthető.

Az elméleti úton meghatározott teljes igénybevételi statisztika rendkívül hasznos a teljes járművön, és még inkább annak szerkezeti elemein végzett programozott fárasztókísérlet megtervezéséhez is. A vizsgálatok szükségességét az Ikarus-gyár is felismerte, és a szisztematikus kísérleteket az elmúlt évben a vázszerkezeti erőbevezető helyek környezetének szerkezetfárasztó-vizsgálatával, valamint a teljes jármű pulzálásával megkezdte. A kutatásba az AUTÓKUT és a BME is bekapcsolódott.

A rövid, vázlatos, de rendkívül szerteágazó kutatási folyamat áttekintése után joggal fel-

merülhet a kérdés: mikor, hogyan és milyen mértékben realizálhatók a kutatási eredmények a termelésben?

A hazai járműgyártó vállalatok, az Autóipari Kutató Intézet és a Műegyetem között relatíve szoros és jó kapcsolat alakult ki. A kutatási eredmények így viszonylag gyorsan ismertté váltak a vállalati szakemberek előtt. Önmagában már ez az információáramlás is hasznos a gyári konstruktőrök szemléletének formálására. A szemléletváltozás azonban még nem rendszerbe foglalt algoritmus, nem könnyen kezelhető program, pedig a gyors piaci reagálás gyors számítógépes tervezéssel megalapozott konstruktóri döntéseket igényelne.

Ez a teljes rendszer még nem áll rendelkezésre, hiányzik az egységes hardware oldala, és a software oldalának is csak egyes elemei készültek el. A teljes bevezetés így a 80-as évek második felében, ill. a 90-es évek elején várható. Az egyes részfeladatok számítógépre vitelével természetesen már eddig is éltünk, és eredményeit a 200-as autóbuszcsalád újabb változatainak kidolgozásában már eddig is hasznosítottuk. A teljes rendszer azonban csak fokozatosan épülhet ki, s mivel a kutatás tovább folyik, várhatólag a teljes tervezési algoritmus is, a jelenleg még előre nem látható elemekkel, állandóan bővülni fog.

Záró gondolatként engedjék meg, hogy ismételten kiemeljem a tudományos kutatási

területek és kutatóhelyek szoros kapcsolódását, szoros egymásrautaltságát:

Viszonylag egyszerű műszaki feladatnak tűnik a járművek élettartamának növelése, önsúlyának csökkentése. Ennek a feladatnak a kitűzéséhez közgazdasági elemzés adott végső soron indokot és anyagi fedezetet. Kidolgozásához pedig a mechanika, ezen belül elsősorban a dinamika, más oldalról pedig a gépszerkezettan, az anyagszerkezettan, a közlekedési folyamatok területéről korábban ismert vagy éppen ezen kutatások során feltárt módszerek, tételek komplex felhasználása szükséges.

E kutatásokból csak akkor születhet eredményes ipari tevékenység, ha eredményeit a konstruktőrök felhasználják. Itt elsősorban a jövő konstruktőreire gondolok, azokra, akik jelenleg – vagy a közeljövőben – az egyetem padjaiban ülnek. Mindent el kell követnünk az oktatásban, hogy jól felkészült, hivatásukat szerető mérnökökre bízassuk a jövő járműveinek megtervezését. Ehhez természetesen nem az idővel elavuló részleteket, nem a formalizmust, hanem a gondolkodásmódot, a biztos tudományos alapokon nyugvó komplex konstruktóri szemléletet kell elsajátíttatnunk.

Engedjék meg, hogy e helyről is köszönetet mondjak az Ipari Minisztériumnak, az OMFB-nek és a közúti járműgyártásban részt vevő vállalatoknak – elsősorban az Ikarus-gyárnak – a kutatás anyagi fedezetének megteremtéséért; az AUTÓKUT-nak, az MTA SZTAKI-nak,

a Villamosipari Kutató Intézetnek és vezetőinek a kutatásban való eredményes részvételért, együttműködésért, és nem utolsósorban saját egyetemi munkatársaimnak, lelkes és eredményes munkájukért.

IRODALOM

1. Teendők a közúti járműipar piaci helyzetének fenntartására és erősítésére. OMFB-tanulmány. Budapest, 1981. pp. 195.

2. NYITRAI FERENCNÉ: A magyar gazdaság nemzetközi összehasonlításban. Társadalmi Szemle, 12. 1981.

3. Lastauto und Omnibus Katalog, 9. 1981.

4. KOZMA J.—MAGYAR I.—MICHELBERGER P.—VÁRLAKI P.: Exportorientált iparvállalati fejlesztési stratégia a magyar autóbuszgyártásban. Közgazdasági Szemle XXIX. (1982) 7–8. pp. 886–898.

5. DEVICS, J.—DEZSÉRINÉ MAJOR, M.—MICHELBERGER, P.—SÁLYI, B.: The perspective of our Bus and Component Export to the Markets of Advanced Capitalist and Developing Countries. Periodica Polytechnica (Transp. Eng.) 8. (1980) N° 1.

6. DEVICS, J.—MICHELBERGER, P.—SÁLYI, B.: Вопросы технического развития венгерской автобусной промышленности и расширение сотрудничества со странами членами СЭВ. Periodica Polytechnica (Transp. Eng.) 5. (1977) N° 2. pp. 67–81.

7. KOZMA J.—MAGYAR I.—MICHELBERGER P.—VÁRLAKI P.: A magyar autóbuszgyártás középtávú műszaki fejlesztési stratégiájának kérdései. Közgazdasági Szemle (megjelenés alatt).

8. MICHELBERGER P.: A járműmechanikai kutatások főbb területeinek áttekintése. Előadás a III. Magyar Mechanikai Konferencián, Miskolc, 1979.

9. KALKER, J. J.: The computation of Three Dimensional Rolling Contact with Dry Friction. Int. Journal for Numerical Methods in Engineering 14. (1979) pp. 1293–1307.

10. SAKAI, H.: Theoretical Study of the Effects of Basic Factors on Six Components of Force and Moment of a Tire and Some Experimental Results. Proc. XVI. Int. FISITA Congr. Tokyo 1976. pp. 641–653.

11. MICHELBERGER, P.—SIMONYI, A.—FERENCZI, M.: Lateral Running Quality and Stability Design of Railway Carriages. *Int. Journal of Vehicle Design* 3. (1982) N° 4. pp. 424—435.

12. LE VIET, GIANG—MICHELBERGER, P.: Исследование динамической устойчивости модели железнодорожного вагона. *Periodica Polytechnica (Transp. Eng.)* 7. (1979) N° 2. pp. 103—115.

13. KARÁSZY, GY.—MICHELBERGER P.: Bus Roll-Over Test in the IKARUS Factory. *Előadás a FISITA XVI. Nemzetközi Kongresszusán, Tokió, 1976.*

14. ILOSVAI L.: Gépjárművek lengéskényelme és kerék—talaj kapcsolata. *Doktori értekezés, Budapest, 1978.*

15. BLAHÓ, M.—FINTA, L.: Wind Tunnel Investigation of Mud Deposit on the Bus Body. *Proc. XVIII. Int. FISITA Congr. Hamburg 1980.* pp. 249—252.

16. FINTA, L.—LAJOS, T.—MICHELBERGER, P.—PRESZLER, L.: Investigation of the Surface Deposition of Buses. *Proc. XIX. Int. FISITA Congr. Melbourne 1982.* pp. 691—695.

17. MICHELBERGER, P.: General Problems in Load Modelling of Commercial Vehicles. *Strojnický Časopis* 33. (1982) N° 3. pp. 337—347.

18. MICHELBERGER P.—FERENCZI M.: Kocsiszekrények dinamikai modellezésének kérdései. *Járművek, Mezőgazdasági Gépek* 23. (1976) N° 11. pp. 403—409.

19. MICHELBERGER, P.—FERENCZI, M.—ÁGOSTON, A.—ÚJHELYI, Z.: Dynamische Berechnung von Wagenkästen. *Periodica Polytechnica (Transp. Eng.)* 4. (1976) N° 2. pp. 161—191.

20. KERESZTES A.: Közúti haszonjárművek igénybevételek-analízise a közlekedési környezet hatásának figyelembevételével. *Kandidátusi értekezés, Budapest, 1982.* p. 162.

21. MICHELBERGER, P.—КОБИЩАНОВ, В. В.: Приближенный расчет кузовов вагонов при изгибных колебаниях. *Вопросы строительной механики кузовов вагонов. ТПИ Тула СССР.* pp. 138—144.

22. MICHELBERGER, P.—GEDEON, J.—KERESZTES, A.: Problems and Development in Commercial Road Vehicle Fatigue and Testing. *Int. Journal of Vehicle Design* 1. (1980) N° 5. pp. 440—453.

23. MICHELBERGER, P.—GINSZTLER, J.—KERESZTES, A.—VÁRLAKI, P.: Modelling of the Fatigue Damage Processes of Bus Frames. *Int. Journal of Fatigue* (megjelenés alatt)

24. BOSZNAY Á.—FERENCZI M.—MICHELBERGER P.: Az utas mint csillapítóval rendelkező rugózott tömeg befo-lyása a karosszéria mozgásegyenletére. *Járművek, Mezőgaz-dasági Gépek* 24. (1977) N° 9. pp. 327–330.

25. HORVÁTH, S.—MICHELBERGER, P.—SZÓKE, D.: Influence of the Payload on the Dynamic Stresses in Vehicle Structures. *Int. Journal of Vehicle Design* (megjelenés alatt)

26. SCHMIED, W.: Zur mechanischen Impedanz des Men-schen. *Automobil Industrie* 21. (1976) N° 3. pp. 17–30.

27. MICHELBERGER, P.—KERESZTES, A.—VÁRLAKI, P.: An Identification Approach for Stochastic Models of Commercial Road Vehicle Stresses. *Proc. Am. Contr. Conf. Arlington* 1982. pp. 431–432.

28. SZÚCS, B.—MICHELBERGER, P.—KERESZTES, A.—VÁRLAKI, P.: Оценка степени нелинейности динами-ческих систем корреляционным и дисперсионным методом. *KGST* 1—15. 2. témaülés kiadványa, Várna 1982. pp. 1—22.

29. FARKAS, M.—FRITZ, J.—MICHELBERGER, P.: On the Effect of Stochastic Road Profiles on Vehicles Travelling at Varying Speed. *Acta Technica Hung.* 91. (1980) N° 3–4. pp. 303–319.

30. MICHELBERGER, P.—ILOSVAI, L.—KERESZTES, A.—PÉTER, T.: Mathematical Vibration Analysis of Buses Operating in Towns. *Periodica Polytechnica (Transp. Eng.)* 7. (1979) N° 2. pp. 139–148.

31. MICHELBERGER, P.—ILOSVAI, L.—KERESZTES, A.—PÉTER, T.: Normality Analysis of Dynamic Stresses in Buses Depending on Stop Lengths. *Periodica Polytechnica (Transp. Eng.)* 10. (1982) N° 1. pp. 53–59.

32. ROBSON, J. D.: Road Surface Description and Vehicle Response. *Int. Journal of Vehicle Design* 1. (1979) N° 1. pp. 25–35.

33. MITSCHKE, M.: *DYNAMIK der Kraftfahrzeuge*. Springer Verl, Berlin—Heidelberg—New York, 1972.

34. PEVZNER, Y. M.—TIKHONOV, A. A.: An Investiga-tion into the Statistical Properties of the Microprofile of the

Main Types of Motor Road. Avtom. Prom. (1964) N° 1. pp. 15–18.

35. MICHELBERGER, P.–FUTÓ, P.–KERESZTES, A.: Analysis of Stresses Caused in Vehicles with the Aid of Statistical Methods. Acta Technica Hung. 83. (1976) N° 1–2. pp. 93–101.

36. HORVÁTH, S.–KERESZTES, A.–MICHELBERGER, P.–SZEIDL, L.: Mathematical Model of the Load and Stress Statistics of Vehicle Structures. Applied Mathematical Modelling. 6. (1982) pp. 92–96.

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó és Nyomda főigazgatója

Felelős szerkesztő: Klaniczay Júlia

A tipográfia és a kötésterv Löblin Judit munkája

Műszaki szerkesztő: Érdi Júlia

Terjedelem: 2,77 (A/5) ív – AK 1668 k8487

HU ISSN 0236–6258

13 129 Akadémiai Nyomda

Felelős vezető: Hazai György



